

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

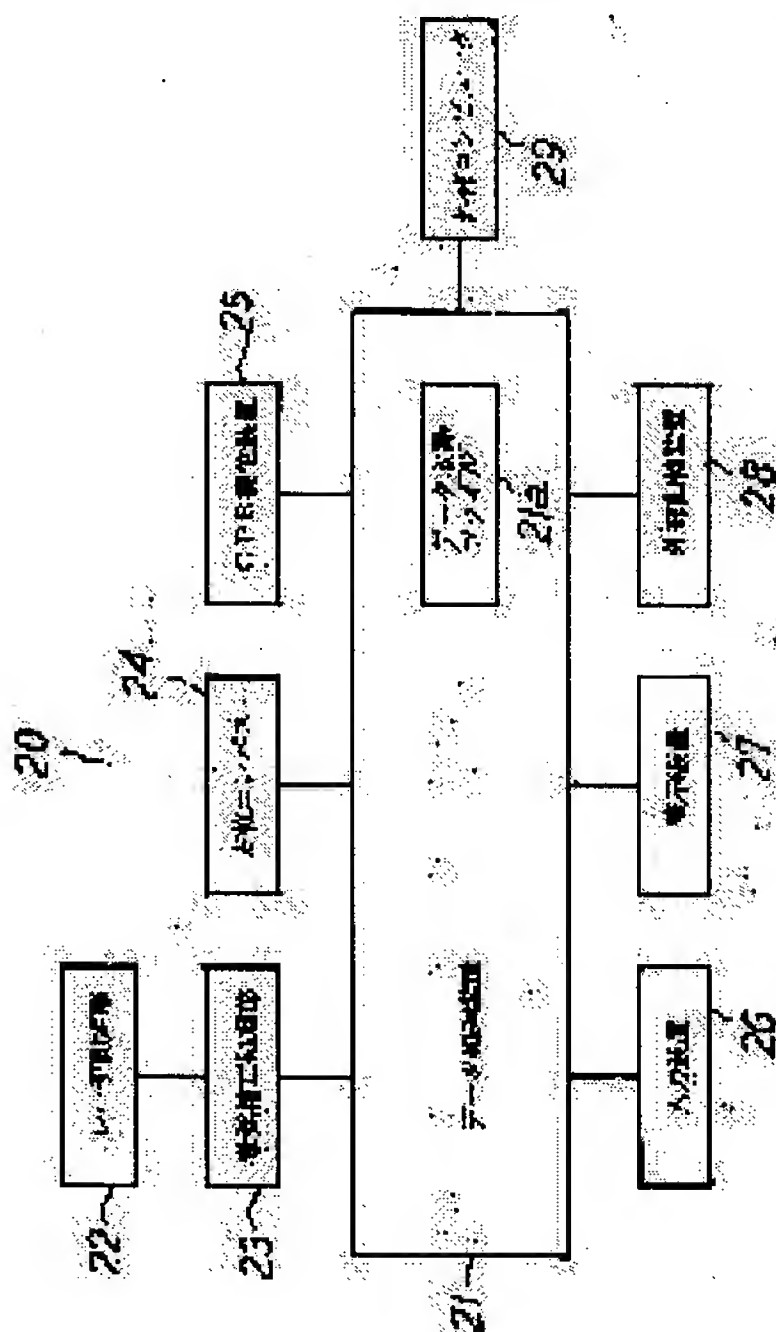
(11)Publication number : 2002-090456

(43)Date of publication of  
application : 27.03.2002

(21)Application number : 2000-286827 (71)Applicant KOKUSAI KOGYO CO LTD  
: MITSUI HARBOUR & URBAN  
CONSTRUCTION CO LTD

(22)Date of filing : 21.09.2000 (72)Inventor : TOKUNAGA KIYOSHI  
SHIMIZU MASATO  
FUJII TAKASHIRO  
IKEUCHI AKIO

### (54) TOPOGRAPHIC MEASURING APPARATUS



#### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a topographic measuring apparatus which can collect measurement data at a better accuracy even when a mobile oscillates.

SOLUTION: A mobile such as a vehicle running on the ground and a ship is provided with a topographic measuring apparatus 20. A laser measuring apparatus 22 performs a three-dimensional scanning of an object to be measured by a laser beam with a 2-axis rotation mechanism. An oscillation correction processing part 23 corrects measurement

errors due to the oscillation of the mobile. An OPS position measuring device 25 measures the position of the mobile. Measurement data of topography or the like are corrected continuously with the laser measuring apparatus 22 moving the mobile.

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The geographical feature metering device characterized by collecting measurement data continuously, carrying GPS positioning equipment, the laser measuring instrument which has a biaxial rolling mechanism and scans three dimensions to a measurement object by the laser beam, and the compensator of the measurement error resulting from agitation of a mobile in a mobile, and moving a mobile.

[Claim 2] Said mobile is a geographical feature metering device according to claim 1 characterized by being the car which runs the ground.

[Claim 3] Said mobile is a geographical feature metering device according to claim 1 characterized by being a vessel.

[Claim 4] GPS positioning equipment and the laser measuring instrument which has a biaxial rolling mechanism and scans three dimensions to a measurement object by the laser beam, While measuring the geographical feature in the sea with a narrow MARUCHIBI-MU sounding device, forming the compensator of the measurement error resulting from agitation of a vessel, and a narrow MARUCHIBI-MU sounding device in a vessel, and moving a vessel The geographical feature metering device characterized by measuring terrestrial geographical feature with a laser measuring instrument, and measuring to coincidence the geographical feature with which it continued to [ out of the sea ] the ground.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the geographical feature metering device considered as the configuration which can measure from a vessel the geographical feature with which it continued to [ out of the sea ] the ground while collecting measurement data with a sufficient precision, even when a mobile is

**\* NOTICES \***

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

shaken.

[0002]

[Description of the Prior Art] The technique which measures the distance to an object object to a precision is known using the laser beam. For example, since time amount after transmitting a pulse laser by generating a clock pulse at the time of day which transmitted the pulse laser, and counting the clock pulse by time of day which received the pulse laser which it collided and has been reflected in an object object from this time of day until it receives a pulse laser is known, the distance from the formula of distance = rate x time amount to an object object can be measured. Here, a rate is a value equivalent to the velocity of light, and is known.

[0003] Geographical feature can be surveyed if the distance measurement technique by such laser beam is used. Drawing 9 is the perspective view of an outline showing an example of geographical feature. In drawing 9, the sloping slope where G was developed by the flat side and S was developed with landfill, and T are the front faces of landfill. The geographical feature of Slope S shall be surveyed with the laser measuring instrument R.

[0004] The polygon mirror rotated in the direction of a vertical in order to make a laser beam irradiate in the direction of a vertical, and the motor which rotates horizontally [ in order to make a laser beam irradiate horizontally ] are installed in the laser measuring instrument R. For this reason, as shown in the side elevation of drawing 11, the laser measuring instrument R performs Rhine scanning in the direction of a cross section of an every place point (perpendicular direction) in the example of a point X1 in the range of include-angle thetab from X1 to the intersection Xn with the flat side G, while carrying out frame scanning horizontally in the range of include-angle thetaa from Point Xa to Point Xb, as shown in the top view of drawing 10. Namely, the laser measuring instrument L has a biaxial rolling mechanism, and is considering it as the configuration which scans three dimensions to geographical feature.

[0005] Drawing 12 is the explanatory view of the principle which measures the geographical feature of the slope S as shown in drawing 9 with the laser measuring instrument R which scans three dimensions by the above laser beams. The laser measuring instrument R shall be installed in the location of height hb from the flat side G. Moreover, H is taken as the horizontal plane of the location in which the



**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

laser measuring instrument R was installed.

[0006] The distance A to the point X1 which is the point of the arbitration of Slope S, for example, an apex, can be measured based on time amount after outputting a laser beam as mentioned above until a reflective beam is inputted. Moreover, since include-angle  $\theta$  becomes settled at the time of discharge of a laser beam, the height  $h_a$  from the horizontal plane H of the location in which the laser measuring instrument R was installed to a point X1 can be found from the formula of  $h_a = A \cdot \sin \theta$  \*\*. Therefore, the height  $h_c$  from the flat side G to a point X1 is obtained by the formula of  $h_c = h_a + h_b$  \*\*.

[0007] the same cross section of the following and Slope S -- attaching -- points X2 and X3 and ... Rhine scanning is performed to Xn and a perpendicular direction, and the height of an every place point is found. The geographical feature of Slope S is measurable by performing horizontal frame scanning from the point of the plane view Xa as shown in drawing 10 as mentioned above to the point of Xb, and plotting the obtained result, performing such Rhine scanning.

[0008] It is possible to load into a mobile, for example, a car, and a vessel the laser measuring instrument which scans three dimensions by said laser beam, and to perform measurement of a building configuration, and measurement of geographical feature. In such a case, since three dimensions are scanned from a mobile even if measured bodies, such as a building, are covered by the tree etc., there is an advantage which can collect required data.

[0009] Moreover, the land developed for housing lots from which it reclaimed land on the land developed for housing lots from which it reclaimed land by the land continuation to the seashore, the lakefront, etc., a sea surface, or the surface of a lake is increasing in recent years. Landfill has continued and deposited such land developed for housing lots from the seabed on a sea surface (hereafter, about a lake, it replaces like the bottom of a lake and the surface of a lake, and applies). On execution management, measurement data are needed in in what kind of configuration landfill has accumulated on the sea surface from the seabed.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since mobiles, such as a car, were shaken during transit, the error occurred to the measurement data based on a laser measuring instrument, and they had the problem that exact measurement could not

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

be performed. Especially, since characteristic agitation arose like the shake of a longitudinal direction (rolling) to the shake of ship's head (pitching), and the bow, there was a problem that a measurement error became large in a vessel.

[0011] the land developed for housing lots which landfill deposits on a sea surface from the seabed -- a survey of the slope under a sea surface -- Mull Cheevy-MU -- sounding -- it is performed by sonar. However, the slope where the land part inclined was exposed and formed in the sea surface, and when surveying the sloping slope concerned, since the scaffold was bad accompanied by risk, direct leveling which used level was not able to be carried out. For this reason, although the aircraft was used for the survey of the slope where the land developed for housing lots exposed to said water surface inclined, there was a problem that cost was high and preparation and data processing took time amount.

[0012] This invention aims at offer of a geographical feature metering device made to the configuration which can measure from a vessel the geographical feature with which it continued to [ out of the sea ] the ground while it collects measurement data with a sufficient precision in view of such a problem, even when a mobile is shaken.

[0013]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, in invention concerning claim 1, the laser measuring instrument which has GPS positioning equipment and a biaxial rolling mechanism for a geographical feature metering device, and scans three dimensions to a measurement object by the laser beam, and the compensator of the measurement error resulting from agitation of a mobile are carried in a mobile, and it is considering as the configuration which collects measurement data continuously, moving a mobile.

[0014] Moreover, invention concerning claim 2 is characterized by said mobile being a car which runs the ground in the geographical feature metering device according to claim 1.

[0015] Moreover, in invention concerning claim 3, said mobile is characterized by being a vessel in the geographical feature metering device according to claim 1.

[0016] Moreover, the laser measuring instrument which has GPS positioning equipment and a biaxial rolling mechanism in invention concerning claim 4, and scans three dimensions to a measurement object by the laser beam, While

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

measuring the geographical feature in the sea with a narrow MARUCHIBI-MU sounding device, forming the compensator of the measurement error resulting from agitation of a vessel, and a narrow MARUCHIBI-MU sounding device in a vessel, and moving a vessel It is characterized by measuring terrestrial geographical feature with a laser measuring instrument, and measuring to coincidence the geographical feature with which it continued to [ out of the sea ] the ground.

[0017] Invention concerning above-mentioned claim 1 carries the compensator of the measurement error resulting from agitation of a mobile in the mobile. For this reason, in case measurement data are continuously collected with the GPS positioning equipment carried in the mobile, and the laser measuring instrument which has a biaxial rolling mechanism and scans three dimensions to a measurement object by the laser beam, moving a mobile, accurate measurement data can be obtained.

[0018] Moreover, in invention concerning above-mentioned claim 2, accurate measurement data can be obtained from the car which runs the ground.

[0019] Moreover, in invention concerning above-mentioned claim 3, accurate measurement data can be obtained from the vessel which navigates.

[0020] Moreover, in invention concerning above-mentioned claim 4, since the narrow MARUCHIBI-MU sounding device and the laser measuring instrument are carried in the vessel, the geographical feature with which it continued to [ out of the sea ] the ground is measurable from a vessel. Furthermore, since the compensator of the measurement error resulting from agitation of a vessel is formed, even when a vessel is shaken, measurement data can be collected with a sufficient precision.

[0021]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained. When this invention loads into a mobile the laser measuring instrument which scans three dimensions by the above laser beams, it has established the amendment means of the measurement error about the laser measurement value accompanying agitation of a mobile. About the amendment means of the measurement error accompanying agitation of such a mobile, the example loaded into the vessel explains a laser measuring instrument.

[0022] Drawing 4 and drawing 5 are the side elevations of the outline of the example which measures the slope of a land part with the laser measuring



**\*NOTICES\***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

instrument loaded into the vessel. In drawing 4, 1 is the vessel which surveys the geographical feature of the slope where the land developed for housing lots exposed from the sea surface inclined, and shows the condition of having carried out minute include-angle agitation. The laser measuring instrument which scans the three dimensions by which 2 was attached in the pole of a vessel 1 etc., and 3 adopt the altitude of the mean sea level of Tokyo Bay on a criteria sea surface. 4 is a slope of the sloping ground surveyed with the laser measuring instrument 2.

[0023] The horizontal plane of the laser measuring instrument 2 when the vessel was shaken, after the horizontal plane at the time of the vessel quiescence in the installation location of the laser measuring instrument 2 and 6 move 5 from a static position, the perpendicular to which said horizontal plane 6 and 7 cross at right angles, the laser beam to which 8 connects from the laser measuring instrument 2 to an A point, the laser beam to which 9 connects from the laser measuring instrument 2 to the point Xg of the arbitration of a slope 4, and 10 are perpendiculars which intersect perpendicularly with a sea surface 3.

[0024] Since it will be absorbed if a laser beam contacts a sea surface, the reinforcement of a reflective beam becomes very feeble. Therefore, it can ask for the point of contact (criteria location) A of a sea surface 3 and a slope 4 by analyzing the reinforcement of the reflective beam when performing Rhine scanning of a laser beam.

[0025] Here, the height at the time of quiescence of the laser measuring instrument 2 is set to  $h_0$  for the distance by the laser measuring instrument 2 and the A point from SL1 and a sea surface 3. Said SL1 and  $h_0$  are calculated as measured value. Moreover, the include angle of the horizontal plane 5 at the time of theta 2 and said vessel quiescence and the horizontal plane 6 after agitation to make is set to theta 0 for the include angle with the horizontal plane 6 of the laser measuring instrument 2 theta 1, said laser beam 8, when the vessel was shaken, after moving the include angle of the laser beam 8 which connects from the laser measuring instrument 2 to an A point, and the horizontal plane 5 at the time of the vessel quiescence in the installation location of the laser measuring instrument 2 to make from a static position to make. Furthermore, distance from the intersection of the perpendicular 10 and sea surface 3 over a sea surface 3 to an A point is set to L1.

[0026] Said horizontal planes 5 and 6 are extended, it is referred to as 5a and 6a, a

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

perpendicular 7 is extended, and it is referred to as 7a. The include angle which horizontal plane 5a-laser measuring instrument 2-horizontal plane 6a makes at this time is set to theta 0. Moreover, since the include angle at which horizontal plane 6a-laser measuring instrument 2-perpendicular 7a makes the include angle which the horizontal plane 5-laser measuring instrument 2-perpendicular 10 makes 90 degrees is 90 degrees, the include angle which include-angle thetaa which the horizontal plane 6a-laser measuring instrument 2-perpendicular 10 makes becomes common, and perpendicular 10-laser measuring instrument 2-perpendicular 7a makes is set to theta 0.

[0027] If a vessel 1 is shaken, since the height from the sea surface 3 to the laser measuring instrument 2 will be set to h1, the relation between h1 and h0 is set to  $h1=h0$  and  $\cos\theta_0$ . Moreover, since said numeric value of SL1 and h0 is known, it becomes  $\sin\theta_1 = (h1/SL1)$ , and an include angle theta 1 is called for by the degree type from this.

[0028]

[Equation 1]

$$\theta_1 = \sin^{-1} (h_1 / SL_1)$$

[0029] Here, since it is  $h1=h0$  and  $\cos\theta_0$  as mentioned above, a front type is transformed and a degree type is obtained.

[0030]

[Equation 2]

$$\theta_1 = \sin^{-1} \{ (h_0 \cdot \cos \theta_0) / SL_1 \}$$

[0031] Next, since it is  $\theta_0 = \theta_2 - \theta_1$ , theta 0 is calculated by the degree type.

[0032]

[Equation 3]

$$\theta_0 = \theta_2 - \sin^{-1} \{ (h_0 \cdot \cos \theta_0) / SL_1 \}$$



\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

[0033] As mentioned above, although the height from the sea surface 3 to the laser measuring instrument 2 will change to h1 from h0 if a vessel 1 is shaken, the height of h0 is several m or more (for example, 5 meters or more), and change of the height from the sea surface 3 by agitation of the vessel at the time of measuring by the usual meteorological condition to the laser measuring instrument 2 can also be ignored in practice as what is not a significant change, when calculating. Therefore, a degree type will be materialized if it considers that the value of  $\cos\theta_0 = h_1/h_0$  is 1.

[0034]

[Equation 4]

$$\theta_0 = \theta_2 - \sin^{-1}(h_0 / SL_1)$$

[0035] Thus, the obtained include angle theta 0 is an include angle of the horizontal plane 5 at the time of the vessel quiescence in the installation location of the laser measuring instrument 2, and the horizontal plane 6 of the laser measuring instrument 2 when the vessel was shaken, after moving from a static position to make. Therefore, it means that the include angle (factor of a measurement error) of location \*\*\*\* by agitation of the vessel from datum level (horizontal plane 5) was obtained. For this reason, if data are corrected at said include angle theta 0, it will become measurable [ a terrestrial slope ] also on the shaken vessel.

[0036] The side elevation of drawing 5 explains this point. In drawing 5 the distance from the laser measuring instrument 2 to the point Xg of the arbitration of a slope 4 SLi and a laser beam 9, The include angle with the horizontal plane 6 of the laser measuring instrument 2 when the vessel was shaken, after moving from a static position to make theta2i, The height of the sea surface 3 at the time of Hi and measurement is set [ the height to the point Xg of the horizontal plane 5 and said slope 4 at the time of the vessel quiescence in the installation location of the laser measuring instrument 2 ] to H0 for the height (altitude) from dh and a sea surface 3 to Point Xg. In addition, include-angle theta2i is defined at the time of discharge of a laser beam, and height H0 is a value known by the tide level at the time of a survey.

[0037] Here, since it is  $dh = SL_i - \sin(\theta_0 - \theta_{2i})$ , the altitude of said point Xg can

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

be made into  $H_i = H_0 + h_1 + dh = H_0 + (h_0 \text{ and } \cos\theta_0) + SL_i \sin(\theta_0 - \theta_{2i})$ , and it can ask for it.

[0038] Thus, by calculating the altitude of an every place point for every cross section of a slope, searching for a cross-section configuration, and connecting, uniting and compounding these cross-section configurations, the three-dimensions data of the sloping slope can be formed and a slope can be measured. In this invention, since the measurement error resulting from agitation of a vessel is corrected by the operation, a slope is correctly [ quickly and ] measurable.

[0039] Moreover, GPS (abbreviation of \*\*\*\*\* gaging system by Global Positioning System satellite) positioning equipment is installed in a vessel 3, and a ship position is measured. Furthermore, an azimuth compass is prepared in a vessel 3 and ship's head by meandering of a vessel is amended. Continuous geographical feature measurement can be performed by measuring a slope with a laser measuring instrument, moving a vessel 3, since such a device is installed in a vessel 3.

[0040] Drawing 1 is the block diagram showing the outline of the geographical feature metering device of this invention. In drawing 1, the geographical feature metering device 20 has the data processor 21, performs various data processing which is mentioned later, and stores it in data inclusion file 21a. The laser measuring instrument 22 measures geographical feature, scanning three dimensions by the laser beam as mentioned above. This measurement data amends the measurement error accompanying agitation of a mobile in the agitation amendment processing section 23, and inputs the obtained data into a data processor 21.

[0041] If the agitation amendment processing section 23 is the example of the location in which the laser measuring instrument 22 was installed based on distance to an every place point, data of a scanning angle, etc. obtained with the laser measuring instrument 22, drawing 4, and drawing 5, it will calculate the include angle  $\theta_0$  of the horizontal plane at the time of vessel quiescence, and the actual horizontal plane of the location in which the laser measuring instrument 22 was installed make, i.e., the include angle of location \*\*\*\* from the datum level by agitation of a vessel, ( the factor of a measurement error ).

[0042] Moreover, a data processor 21 calculates the altitude of the every place

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

point in a cross-section configuration with a slope based on the operation of said include angle  $\theta_0$ . Furthermore, such an operation is repeated, it asks for the altitude of the every place point about the cross-section configuration where the slope continued, and a sequential-operation result is stored in data inclusion file 21a. An azimuth compass for 24 to amend the travelling direction by meandering of a mobile and 25 are GPS positioning equipment which measures the location of a mobile.

[0043] An input device 26 performs a predetermined input to a data processor 21 with a key or a mouse. Moreover, an indicating equipment 27 reads the result of an operation of a data processor 21 from data inclusion file 21a, and expresses it as real time. It can display, the display of the altitude of the every place point in the cross section which has a slope in this display, and the configuration of a cross section where the slope continued, i.e., the configuration of the three dimensions of a slope.

[0044] It consists of mass stores, such as a hard disk, it connects with a data processor 21, and external storage 28 saves data. In addition, the internal organs of the storage of predetermined capacity are carried out also to the data processor 21. An external computer 29 performs an operation predetermined at a high speed based on the various data obtained with the data processor 21. External storage 28 and an external computer 29 are connected to a data processor 21 by the proper interface.

[0045] Drawing 2 is the explanatory view showing the example which carried the geographical feature metering device of this invention in the car. In this example, a laser measuring instrument is carried in the automobile 30 which runs a road 31 top, three dimensions are scanned by the laser beam 34, and the configuration of the building 32 currently built by facing a road 31 is measured.

[0046] A building 32 consists of low-level section 32a and butt 32b, and the tree 33 is planted near the transverse plane. A laser beam 34 is A1 perpendicularly... An point is scanned and it is B1 horizontally... Bn point is scanned and the scanning angle of each point and the data of distance are collected. An automobile 30 performs measurement by the laser measuring instrument from end 32x to other end 32y of a building 32, running a road 31 top.

[0047] Since such three dimensions are scanned with a laser measuring instrument



**\* NOTICES \***

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

to a building 32, even when a tree 33, other cars under transit, etc. are in the front face of a building 32, the situation measurement becomes impossible can be prevented by covering a laser beam to a building 32.

[0048] Moreover, since GPS positioning equipment is carried in the automobile 30, the location of the automobile 30 which moves is measured and the data of each coordinate of X, Y, and Z are collected continuously. Furthermore, since the motion sensor shown in the agitation amendment processing section explained by drawing 1 and drawing 8 mentioned later is formed, the measurement error resulting from the agitation under transit of an automobile 30 can be amended.

[0049] In addition, although drawing 2 is measuring the building 32 while the automobile 30 carrying a laser measuring instrument runs a road 31, it can be cut and can also measure the geographical feature of a through side etc. Moreover, what runs an orbit top can apply the geographical feature metering device of this invention as a car which carries a laser measuring instrument and moves in the ground.

[0050] Drawing 3 is the block diagram showing an example of a laser measuring instrument. Next, this block diagram is explained. In the laser measuring instrument 40, the laser generating section 41 and the transmitting section 42 are formed, and the direction of a vertical and a horizontal scanning angle are defined, and a laser beam is turned to a target point and it discharges to it.

[0051] The laser beam reflected from the target point passes along a receive section 43, and is inputted into the distance test section 45 from a receive section 43. Moreover, the scanning angle of a laser beam is inputted into the storage section 44 from the transmitting section 42. An output signal D is formed of the result calculated by the scanning angle inputted into the storage section 44, and the distance test section 45.

[0052] Next, the gestalt of other operations concerning this invention is explained. Drawing 6 is the whole block diagram showing the outline of an instrumentation system in which the geographical feature metering device by this invention is applied. the GPS mobile station with which a satellite, and 12X and 12Y were installed in the electric wave for a vessel and 1X, and 1 was installed [ 11 ] in the vessel 3 for the ground criteria office of GPS, and 12 in drawing 6 , and 1Y -- Mull Cheevy-MU -- sounding -- in sonar and 1Z, a device under test and 3 are criteria

**\*NOTICES\***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

sea surfaces, and a beam and 13 have adopted the altitude of the mean sea level of Tokyo Bay.

[0053] Mull Cheevy-MU -- sounding -- a footprint transmits 60 beams at once 90 degrees, and beam 1Z of sonar 1Y is considering 1.5 degree x1.5 degree and swath width of face (width of face of right and left measurable at once) as the configuration sounded by the two to 6 time width of face of depth of water. namely, Mull Cheevy-MU -- sounding -- sonar 1Y is arranged at intervals of every 1.5 degrees in the transducer at 60 sectors.

[0054] The laser measuring instrument which scans three dimensions by laser beam which was explained by drawing 4 and drawing 5 is also carried in the vessel 1. this example -- setting -- a vessel 1 -- a laser measuring instrument and Mull Cheevy-MU -- sounding -- sonar is formed and the geographical feature with which it continued from the seabed to the ground is measured with a sufficient precision.

[0055] Drawing 7 is the side elevation showing the example which performs geographical feature measurement by vessel 1 using the instrumentation system of drawing 6 . drawing 7 -- setting -- 1 -- a vessel and 1y -- Mull Cheevy-MU -- sounding -- as for a criteria sea surface and 3x, the laser measuring instrument with which sonar and 1z perform a beam and 2 scans three dimensions, and 3 are [ the seabed and 4 ] slopes, and slope 4x for sea CHUBU ENGINEERING CORPORATION and slope 4y for a terrestrial part are formed continuously. 9 is a laser beam. Moreover, A is the data-processing section of a narrow MARUCHIBI-MU sounding device, and B is the data-processing section of a laser measuring instrument. Each data-processing sections A and B use a personal computer (personal computer).

[0056] the example of drawing 7 -- slope 4x for sea CHUBU ENGINEERING CORPORATION -- Mull Cheevy-MU -- sounding -- it measures by sonar 1y and slope 4y for a terrestrial part is measured with the laser measuring instrument 2. Moreover, since GPS positioning equipment is carried in the vessel 1, a ship position when a vessel 1 moves is measured, and the coordinate data of X, Y, and Z three dimensions is obtained continuously.

[0057] Drawing 8 is the block diagram of the outline of the geographical feature metering device 51 applied to the example of drawing 7 . In drawing 8 , a data processor 53 performs a predetermined operation based on various input data, and

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

records the obtained data on data inclusion file 53a. 52 -- a narrow MARUCHIBI-MU sounding device -- it is -- whenever [ sonic ] -- sensor 52a, azimuth-compass 52b, inclination sensor 52c, and motion sensor 52d and Mull Cheevy-MU -- sounding -- sonar 52e is prepared.

[0058] Sensor 52a measures [ whenever / sonic ] an underwater acoustic wave velocity-of-propagation value required for amendment and refraction amendment whenever [ sonic ]. Azimuth-compass 52b measures the azimuth of a bow. inclination sensor 52c -- Mull Cheevy-MU -- sounding -- the inclination of the pipe which attached sonar 52e is detected on real time.

[0059] Motion sensor 52d, the value [ longitudinal direction ] of a shake (rolling) is acquired on real time to the fluctuation (heaving) received in the direction of a vertical of a vessel, the shake of ship's head (pitching), and a bow. Each data of these heaving, pitching, and rolling is used for amendment of a depth-sounding value. Mull Cheevy-MU -- sounding -- sonar 52e measures the slope in the sea.

[0060] the data-processing section A -- whenever [ sonic ] -- sensor 52a, azimuth-compass 52b, inclination sensor 52c, and motion sensor 52d and Mull Cheevy-MU -- sounding -- based on each data from sonar 52e and GPS positioning equipment 57, whenever [ tide level and acoustic-velocity ], a tilt angle is amended and the three-dimensions file of X, Y, and Z is created. The data obtained in the data-processing section A are inputted into a data processor 53.

[0061] The laser measuring instrument 54 which scans three dimensions by the laser beam measures the slope for a terrestrial part. The agitation amendment processing section 55 amends the error of the measurement data resulting from agitation of a vessel which was explained by drawing 4 and drawing 5 . The data from the output and the GPS positioning equipment 57 of the agitation amendment processing section 55 are inputted into the data-processing section B, and the continuation data of the slope for a terrestrial part are formed in it from the location data of the vessel accompanying migration of a vessel, and the measurement data of a slope.

[0062] Thus, the location data of the vessel accompanying migration of the vessel from GPS positioning equipment 57 are inputted into the data-processing section A which creates the data which measured the slope for sea CHUBU ENGINEERING CORPORATION, and the data-processing section B which creates the data which



\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

measured the slope for a terrestrial part at coincidence. for this reason, Mull Cheevy-MU formed in coincidence at a certain time -- sounding -- the measurement data of sonar 52e and the measurement data of the laser measuring instrument 54 will take a synchronization, and will be processed.

[0063] That is, the data of the slope for sea CHUBU ENGINEERING CORPORATION measured while moving a vessel, and the data of the slope for a terrestrial part can be processed as data which continued from a part for a terrestrial part to a part for sea CHUBU ENGINEERING CORPORATION. Therefore, in a data processor 53, the data obtained in the data-processing section A and the data-processing section B can be compounded, the measurement data of the slope currently continuously formed to [ out of the sea ] the ground can be continued and formed in predetermined die length, and a topographical map can be created.

[0064] Moreover, while preparing motion sensor 52d in the narrow MARUCHIBI-MU sounding device 52, the measurement data of the laser measuring instrument 54 are amended in the agitation amendment processing section 55. for this reason, the measurement error resulting from agitation of a vessel -- Mull Cheevy-MU -- sounding -- both the measurement data of the laser measuring instrument 54 will also be amended also for the measurement data of sonar 52e, and accurate measurement data are obtained.

[0065] An input device 58 consists of a keyboard and a mouse, and performs required alter operation. An indicating equipment 59 reads various data and the result of an operation from data inclusion file 53a, and expresses them to a monitor as real time. It can display, the display of the altitude of the every place point in the cross section which has a slope in this display, and the configuration of a cross section where the slope continued, i.e., the configuration of the three dimensions of a slope. Moreover, a printer can be connected to a data processor 53 and required data can also be printed on the recording paper.

[0066] It consists of mass stores, such as a hard disk, it connects with a data processor 53, and external storage 60 saves data. In addition, the internal organs of the storage of predetermined capacity are carried out also to the data processor 53. An external computer 61 performs an operation predetermined at a high speed based on the various data obtained with the data processor 53.

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

[0067] The geographical feature metering device of drawing 8 is measuring the slope of the landfill currently continuously formed to [ out of the sea as shown in drawing 7 ] the ground. This invention is applicable to coincidence measurement of the geographical feature currently continuously formed to [ out of the sea ] the ground like the rock face not only with a flat slope like drawing 7 but irregularity.

[0068]

[Effect of the Invention] Invention which relates to claim 1 as explained above carries the compensator of the measurement error resulting from agitation of a mobile in the mobile. For this reason, in case measurement data are continuously collected with the GPS positioning equipment carried in the mobile, and the laser measuring instrument which has a biaxial rolling mechanism and scans three dimensions to a measurement object by the laser beam, moving a mobile, accurate measurement data can be obtained.

[0069] Moreover, in invention concerning above-mentioned claim 2, accurate measurement data can be obtained from the car which runs the ground.

[0070] Moreover, in invention concerning above-mentioned claim 3, accurate measurement data can be obtained from the vessel which navigates.

[0071] Moreover, in invention concerning above-mentioned claim 4, since the narrow MARUCHIBI-MU sounding device and the laser measuring instrument are carried in the vessel, the geographical feature with which it continued to [ out of the sea ] the ground is measurable from a vessel. Moreover, since the compensator of the measurement error resulting from agitation of a vessel is formed, even when a vessel is shaken, measurement data can be collected with a sufficient precision.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the geographical feature metering device which is the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 2] It is the explanatory view of the example which measures the configuration of a building from an automobile.

[Drawing 3] It is the block diagram of a laser measuring instrument.

[Drawing 4] It is the side elevation of the example which measures a terrestrial

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

slope from a vessel.

[Drawing 5] It is the side elevation of the example which measures a terrestrial slope from a vessel.

[Drawing 6] It is the whole instrumentation system block diagram.

[Drawing 7] It is the side elevation of the example which measures the inside of the sea, and a terrestrial slope from a vessel.

[Drawing 8] It is the block diagram of the geographical feature metering device used for the example of drawing 7 .

[Drawing 9] It is the perspective view showing a survey of the slope in the ground.

[Drawing 10] It is the top view of drawing 9 .

[Drawing 11] It is the side elevation of drawing 9 .

[Drawing 12] It is the sectional view showing a survey of the slope in the ground.

[Description of Notations]

20 51 Geographical feature measuring device

21 Data Processor

22 54 Laser measuring instrument

23 55 Agitation amendment processing section

25 57 GPS positioning equipment

52 Narrow MARUCHIBI-MU Sounding Device

52d Motion sensor

52e Mull Cheevy-MU -- sounding -- sonar



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-90456

(P2002-90456A)

(43) 公開日 平成14年3月27日 (2002.3.27)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	FI	特許出願公開番号
G 0 1 S 17/88		G 0 1 C 15/00	1 0 3 A 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/24			1 0 4 Z 5 J 0 6 2
G 0 1 C 15/00	1 0 3	G 0 1 S 5/14	5 J 0 8 3
	1 0 4	15/89	A 5 J 0 8 4
G 0 1 S 5/14		17/88	Z

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-286827(P2000-286827)

(22) 出願日 平成12年9月21日(2000.9.21)

(71) 出願人 390023249

国際航業株式会社

東京都千代田区六番町2番地

(71) 出願人 390001993

三井不動産建設株式会社

東京都千代田区霞が関3丁目2番5号

(72) 発明者 徳永 企世志

兵庫県尼崎市西長州町1丁目1番15号 国

際航業株式会社内

(74) 代理人 100103791

弁理士 川崎 勝弘 (外1名)

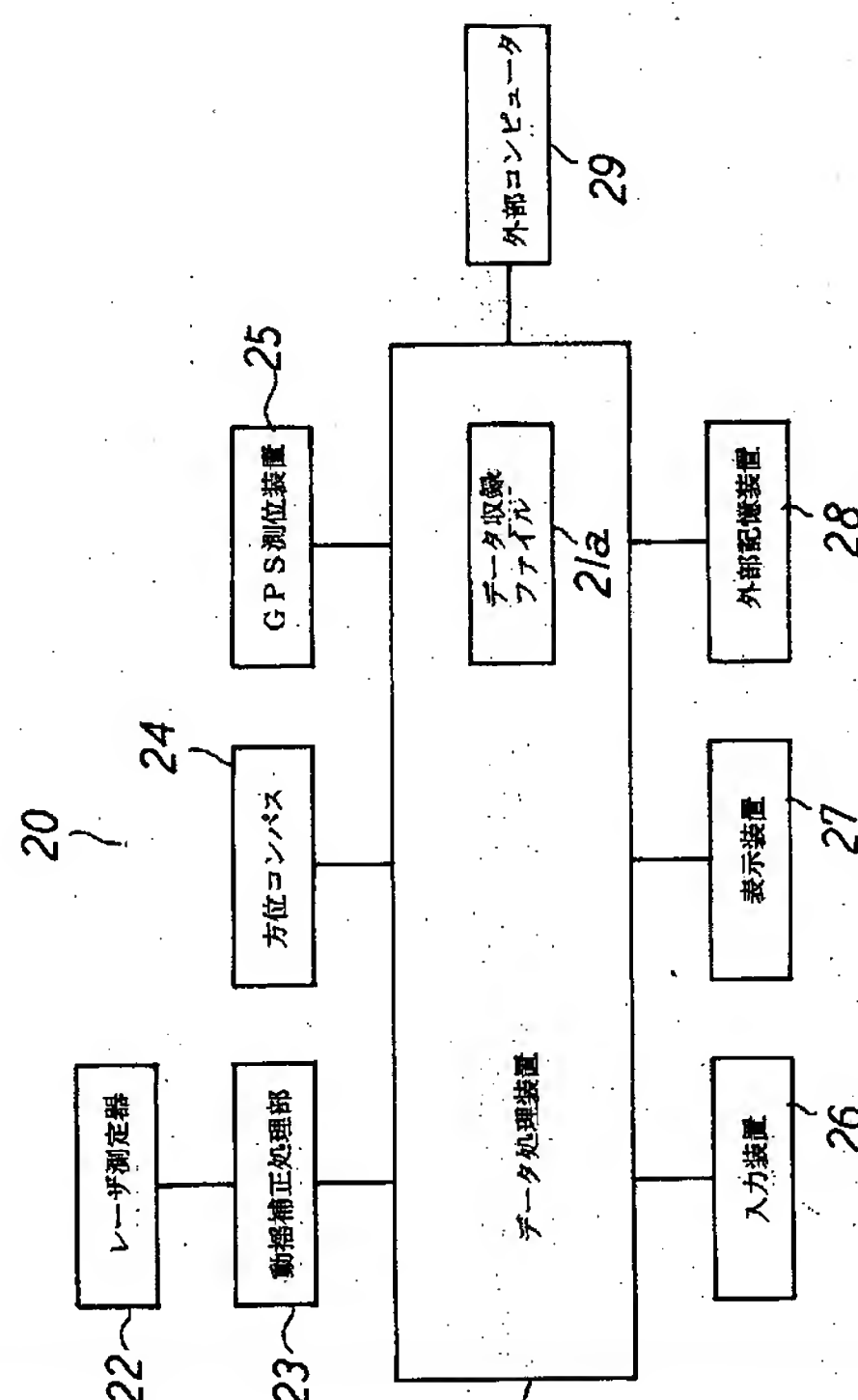
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 地形計測装置

(57) 【要約】

【課題】 移動体が動揺した場合でも精度良く計測データを収集する地形計測装置を提供すること。

【解決手段】 地上を走行する車両や船舶のような移動体に、地形計測装置20を設ける。レーザー測定器22は、2軸回転機構を有しレーザービームにより計測対象物に三次元のスキャニングを行なう。動揺補正処理部23は移動体の動揺に起因する測定誤差を補正する。GPS測位装置25は移動体の位置を計測する。移動体を移動させながらレーザー測定器22により連続して地形等の計測データを収集する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 GPS測位装置と、2軸回転機構を有しレーザービームにより計測対象物に三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器と、移動体の動揺に起因する測定誤差の補正装置とを移動体に搭載し、移動体を移動させながら連続して計測データを収集することを特徴とする地形計測装置。

【請求項2】 前記移動体は、地上を走行する車両であることを特徴とする請求項1に記載の地形計測装置。

【請求項3】 前記移動体は、船舶であることを特徴とする請求項1に記載の地形計測装置。

【請求項4】 GPS測位装置と、2軸回転機構を有しレーザービームにより計測対象物に三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器と、船舶の動揺に起因する測定誤差の補正装置と、ナローマルチビーム測深装置とを船舶に設け、船舶を移動させながら、ナローマルチビーム測深装置により海中の地形を計測すると共に、レーザー測定器により地上の地形を計測して、海中から地上までの連続した地形を同時に計測することを特徴とする地形計測装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、移動体が動揺した場合でも精度良く計測データを収集すると共に、海中から地上までの連続した地形を船舶から計測できる構成とした地形計測装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】レーザービームを用いて、対象物体までの距離を精密に計測する技術が知られている。例えば、パルスレーザーを送信した時刻にクロックパルスを生じさせ、この時刻から対象物体に衝突して反射してきたパルスレーザーを受信した時刻までのクロックパルスをカウントすることにより、パルスレーザーを送信してからパルスレーザーを受信するまでの時間がわかるので、距離＝速度×時間の式から対象物体までの距離を測定することができる。ここで、速度は光速に相当する値であり既知である。

【0003】このようなレーザービームによる距離計測技術を用いると、地形の測量を行なうことができる。図9は、地形の一例を示す概略の斜視図である。図9において、Gは平坦面、Sは盛り土により造成された傾斜した法面、Tは盛り土の表面である。法面Sの地形をレーザー測定器Rで測量するものとする。

【0004】レーザー測定器Rには、レーザービームを鉛直方向に照射させるために鉛直方向に回転するポリゴンミラーと、レーザービームを水平方向に照射させるために水平方向に回転するモータが設置されている。このため、レーザー測定器Rは、図10の平面図に示すように地点Xaから地点Xbまでの角度 $\theta a$ の範囲で水平方

に示すように各地点の断面方向（垂直方向）に、例えば地点X1の例ではX1から平坦面Gとの交点Xnまでの角度 $\theta b$ の範囲でラインスキャニングを行なう。すなわち、レーザー測定器Lは2軸回転機構を有し、地形に対して三次元のスキャニングを行なう構成としている。

【0005】図12は、前記のようなレーザービームで三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器Rにより、図9に示したような法面Sの地形を計測する原理の説明図である。レーザー測定器Rを、平坦面Gから高さhbの位置に設置するものとする。また、Hはレーザー測定器Rが設置された位置の水平面とする。

【0006】法面Sの任意の地点、例えば最高点である地点X1までの距離Aは、前記のようにレーザービームを出力してから反射ビームが入力されるまでの時間に基づき測定できる。また、角度 $\theta c$ はレーザービームの発射時に定まることから、レーザー測定器Rが設置された位置の水平面Hから地点X1までの高さhaは、 $ha = A \cdot \sin \theta c$ 、の式から求めることができる。したがって、平坦面Gから地点X1までの高さhcは、 $hc = ha + hb$ 、の式で得られる。

【0007】以下、法面Sの同一断面につき、地点X2、X3、・・・Xnと垂直方向にラインスキャニングを行ない、各地点の高さを求める。このようなラインスキャニングを行ないつつ、前記のように図10に示したような平面視Xaの地点からXbの地点までの水平方向のフレームスキャニングを行い、得られた結果をプロットしていくことにより、法面Sの地形を計測することができる。

【0008】前記レーザービームで三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器を移動体、例えば車両や船舶に積載して建物形状の計測や地形の計測を行なうことが考えられる。このような場合には、建物等の被計測物体が樹木等に遮蔽されていても、移動体から三次元のスキャニングを行なうので、必要なデータを収集できる利点がある。

【0009】また、近年、海岸や湖岸等に陸続きで埋立てた造成地や、海面や湖面に埋立てた造成地が増加している。このような造成地は、海底から海面（以下、湖については、湖底、湖面のように置き換えて適用する）上まで盛土が連続して堆積している。施工管理の上では、盛土が海底から海面上までどのような形状で堆積されているのか、計測データが必要になっている。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】車両等の移動体は走行中動揺するので、レーザー測定器による計測データに誤差が発生し、正確な計測ができないという問題があった。特に、船舶には、船首方向の揺れ（ピッチング）、船首に対して横方向の揺れ（ローリング）のように特有の動揺が生ずるので、測定誤差が大きくなるという問題

【0011】盛土が海底から海面上まで堆積される造成地について、海面下の法面の測量は、マルチビーム測深ソナーにより行われている。しかしながら、陸上部分の傾斜した法面は海面に露出して形成されており、当該傾斜した法面を測量する際に、水準器を用いた直接水準測量は足場が悪く危険を伴うので実施できなかった。このため、前記水面に露出した造成地の傾斜した法面の測量には航空機を用いているが、コストが高く、準備やデータ処理に時間がかかるという問題があった。

【0012】本発明はこのような問題に鑑み、移動体が動揺した場合でも精度良く計測データを収集すると共に、海中から地上までの連続した地形を船舶から計測できる構成とした地形計測装置の提供を目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に係る発明において、地形計測装置を、GPS測位装置と、2軸回転機構を有しレーザービームにより計測対象物に三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器と、移動体の動揺に起因する測定誤差の補正装置とを移動体に搭載し、移動体を移動させながら連続して計測データを収集する構成としている。

【0014】また、請求項2に係る発明は、請求項1に記載の地形計測装置において、前記移動体は、地上を走行する車両であることを特徴としている。

【0015】また、請求項3に係る発明においては、請求項1に記載の地形計測装置において、前記移動体は、船舶であることを特徴としている。

【0016】また、請求項4に係る発明においては、GPS測位装置と、2軸回転機構を有しレーザービームにより計測対象物に三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器と、船舶の動揺に起因する測定誤差の補正装置と、ナローマルチビーム測深装置とを船舶に設け、船舶を移動させながら、ナローマルチビーム測深装置により海中の地形を計測すると共に、レーザー測定器により地上の地形を計測して、海中から地上までの連続した地形を同時に計測することを特徴としている。

【0017】上記請求項1に係る発明は、移動体の動揺に起因する測定誤差の補正装置を移動体に搭載している。このため、移動体に搭載したGPS測位装置と、2軸回転機構を有しレーザービームにより計測対象物に三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器により、移動体を移動させながら連続して計測データを収集する際に、精度の良い計測データを得ることができる。

【0018】また、上記請求項2に係る発明においては、地上を走行する車両から精度の良い計測データを得ることができる。

【0019】また、上記請求項3に係る発明においては、航行する船舶から精度の良い計測データを得ることができる。

は、ナローマルチビーム測深装置とレーザー測定器を船舶に搭載しているため、海中から地上までの連続した地形を船舶から計測することができる。更に、船舶の動揺に起因する測定誤差の補正装置を設けているので、船舶が動揺した場合でも精度良く計測データを収集することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。本発明は、前記のようなレーザービームにより三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器を移動体に積載した際に、移動体の動揺に伴うレーザ計測値についての測定誤差の補正手段を設けている。このような移動体の動揺に伴う測定誤差の補正手段について、レーザー測定器を船舶に積載した例で説明する。

【0022】図4、図5は、船舶に積載したレーザー測定器により、陸上部分の法面を計測する例の概略の側面図である。図4において、1は海面より露出した造成地の傾斜した法面の地形を測量する船舶で、微小角度動揺した状態を示している。2は船舶1のポール等に取り付けられた三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器、3は基準海面で東京湾の平均海面の標高を採用する。4はレーザー測定器2で測量する傾斜した地上の法面である。

【0023】5はレーザー測定器2の設置位置における船舶静止時の水平面、6は船舶が動揺したことにより静止位置から移動した後のレーザー測定器2の水平面、7は前記水平面6と直交する垂線、8はレーザー測定器2からA点までを結ぶレーザービーム、9はレーザー測定器2から法面4の任意の地点Xgまでを結ぶレーザービーム、10は海面3と直交する垂線である。

【0024】レーザービームは海面と接触すると吸収されるので、反射ビームの強度は極めて微弱になる。したがって、レーザービームのラインスキャニングを行なったときの反射ビームの強度を分析することにより、海面3と法面4との接触点（基準位置）Aを求めることができる。

【0025】ここで、レーザー測定器2とA点までの距離をSL1、海面3からレーザー測定器2の静止時の高さをh0とする。前記SL1とh0は、測定値として求められる。また、レーザー測定器2からA点までを結ぶレーザービーム8とレーザー測定器2の設置位置における船舶静止時の水平面5とのなす角度を $\theta 1$ 、前記レーザービーム8と、船舶が動揺したことにより静止位置から移動した後のレーザー測定器2の水平面6とのなす角度を $\theta 2$ 、前記船舶静止時の水平面5と動揺後の水平面6とのなす角度を $\theta 0$ とする。更に、海面3に対する垂線10と海面3との交点からA点までの距離をL1とする。

【0026】前記水平面5、6を延長して5a、6aと



5 a-レーザー測定器2-水平面6 aのなす角度は $\theta_0$ となる。また、水平面5-レーザー測定器2-垂線10のなす角度は90度、水平面6 a-レーザー測定器2-垂線7 aのなす角度は90度であるから、水平面6 a-レーザー測定器2-垂線10のなす角度 $\theta_a$ は共通となり、垂線10-レーザー測定器2-垂線7 aのなす角度は $\theta_0$ となる。

【0027】船舶1が動揺すると、海面3からレーザー

$$\theta_1 = \sin^{-1} (h_1 / SL_1)$$

【0029】ここで、前記のように $h_1 = h_0 \cdot \cos \theta_0$ であるから、前式を変形して次式が得られる。

$$\theta_1 = \sin^{-1} \{ (h_0 \cdot \cos \theta_0) / SL_1 \}$$

【0031】次に、 $\theta_0 = \theta_2 - \theta_1$ であるから、 $\theta_0$ は次式により求められる。

$$\theta_0 = \theta_2 - \sin^{-1} \{ (h_0 \cdot \cos \theta_0) / SL_1 \}$$

【0033】前記のように、船舶1が動揺すると海面3からレーザー測定器2までの高さは、 $h_0$ から $h_1$ に変化するが、 $h_0$ の高さは数メートル以上（例えば5メートル以上）であり、通常的气象条件で測定する際の船舶の動揺による海面3からレーザー測定器2までの高さの

$$\theta_0 = \theta_2 - \sin^{-1} (h_0 / SL_1)$$

【0035】このようにして得られた角度 $\theta_0$ は、レーザー測定器2の設置位置における船舶静止時の水平面5と、船舶が動揺したことにより静止位置から移動した後のレーザー測定器2の水平面6とのなす角度である。したがって、基準面（水平面5）からの船舶の動揺による位置づれの角度（測定誤差の因子）が得られたことになる。このため、前記角度 $\theta_0$ でデータを修正すれば、動揺する船舶上でも地上の法面の計測が可能となる。

【0036】この点について、図5の側面図で説明する。図5において、レーザー測定器2から法面4の任意の地点X gまでの距離を $SL_i$ 、レーザービーム9と、船舶が動揺したことにより静止位置から移動した後のレーザー測定器2の水平面6とのなす角度を $\theta_{2i}$ 、レーザー測定器2の設置位置における船舶静止時の水平面5

測定器2までの高さは $h_1$ となるので、 $h_1$ と $h_0$ との関係は、 $h_1 = h_0 \cdot \cos \theta_0$ となる。また、前記 $SL_1$ と $h_0$ の数値が既知であるので、 $\sin \theta_1 = (h_1 / SL_1)$ となり、これより角度 $\theta_1$ は、次式で求められる。

【0028】

【数1】

【0030】

【数2】

【0032】

【数3】

際上は無視することも可能である。したがって、 $\cos \theta_0 = h_1 / h_0$ 、の値を1とみなすと、次式が成立する。

【0034】

【数4】

地点X gまでの高さ（標高）を $H_i$ 、測定時の海面3の高さを $H_0$ とする。なお、角度 $\theta_{2i}$ はレーザービームの発射時に定められ、また、高さ $H_0$ は測量時の潮位で既知の値である。

【0037】ここで、 $dh = SL_i \cdot \sin (\theta_0 - \theta_{2i})$ であるから、前記地点X gの標高は、 $H_i = H_0 + h_1 + dh = H_0 + (h_0 \cdot \cos \theta_0) + SL_i \cdot \sin (\theta_0 - \theta_{2i})$ 、として求めることができる。

【0038】このように、法面の各断面毎に各地点の標高を演算して断面形状を求め、これらの断面形状をつなぎあわせて合成することにより、傾斜した法面の三次元データを形成することができ、法面の計測が行なえる。本発明においては、船舶の動揺に起因する測定誤差を演算により修正しているので、迅速にしかも正確に法面の

【0039】また、船舶3にはGPS (Global Positioning System 人工衛星による汎地球測定システムの略語) 測位装置を設置しており、船位を測定する。更に、船舶3に方位コンパスを設けて、船舶の蛇行による船首方向の補正を行なう。船舶3にはこのような機器を設置しているので、船舶3を移動させながら、レーザー測定器で法面を計測することにより、連続した地形計測を行なうことができる。

【0040】図1は、本発明の地形計測装置の概略を示すブロック図である。図1において、地形計測装置20は、データ処理装置21を有しており、後述するような各種データ処理を行い、データ収録ファイル21aに格納する。レーザー測定器22は前記のようにレーザービームで三次元のスキャンングを行いながら地形を計測する。この計測データは、動揺補正処理部23で移動体の動揺に伴う測定誤差を補正し、得られたデータをデータ処理装置21に入力する。

【0041】動揺補正処理部23は、レーザー測定器22で得られた各地点までの距離やスキャンング角のデータ等に基づいて、レーザー測定器22が設置された位置、図4、図5の例であれば、船舶静止時の水平面と、レーザー測定器22が設置された位置の実際の水平面とのなす角度、すなわち、船舶の動揺による基準面からの位置づれの角度(測定誤差の因子)  $\theta_0$  を演算する。

【0042】また、データ処理装置21は前記角度  $\theta_0$  の演算に基づき、法面のある断面形状における各地点の標高を演算する。更に、このような演算を繰り返して、法面の連続した断面形状についての各地点の標高を求め、順次演算結果をデータ収録ファイル21aに格納する。24は移動体の蛇行による進行方向の補正を行なうための方位コンパス、25は移動体の位置を計測するGPS測位装置である。

【0043】入力装置26は、キーやマウスによりデータ処理装置21に対して所定入力を行なう。また、表示装置27は、データ処理装置21の演算結果をデータ収録ファイル21aから読み出してリアルタイムで表示する。この表示には、例えば、法面のある断面における各地点の標高の表示や、法面の連続した断面の形状、すなわち、法面の三次元の形状の表示を行なうことができる。

【0044】外部記憶装置28は、ハードデスク等の大容量の記憶装置で構成され、データ処理装置21に接続してデータを保存する。なお、データ処理装置21にも所定容量の記憶装置が内蔵されている。外部コンピュータ29は、データ処理装置21で得られた各種データに基づいて高速で所定の演算を実行する。外部記憶装置28、外部コンピュータ29は、適宜のインタフェースによりデータ処理装置21に接続される。

【0045】図2は、本発明の地形計測装置を車両に搭

を走行する自動車30にレーザー測定器を搭載し、レーザービーム34で三次元のスキャンングを行い、道路31に面して建てられている建物32の形状を計測している。

【0046】建物32は、低層部32a、高層部32bからなり、正面付近には樹木33が植栽されている。レーザービーム34は、例えば垂直方向にA1...An点をスキャンングし、水平方向にB1...Bn点をスキャンングして、各点のスキャンング角および距離のデータを収集する。自動車30は道路31上を走行しながら、建物32の一端32xから他端32yまでのレーザー測定器による計測を行なう。

【0047】建物32に対して、レーザー測定器によりこのような三次元のスキャンングを行うので、建物32の前面に樹木33や走行中の他の車両等がある場合でも、建物32に対してレーザービームが遮蔽されることにより計測ができなくなるような事態を防止することができる。

【0048】また、自動車30にはGPS測位装置を搭載しているので、移動する自動車30の位置が計測され、X、Y、Zの各座標のデータが連続して収集される。更に、図1で説明した動揺補正処理部と後述する図8に示したモーションセンサを設けているので、自動車30の走行中の動揺に起因する測定誤差を補正することができる。

【0049】なお、図2はレーザー測定器を搭載した自動車30が道路31を走行しながら建物32を計測しているが、切り通し面等の地形を計測することもできる。また、レーザー測定器を搭載して地上を移動する車両として、軌道上を走行するものでも本発明の地形計測装置を適用することができる。

【0050】図3は、レーザー測定器の一例を示すブロック図である。次にこのブロック図について説明する。レーザー測定器40には、レーザー発生部41、送信部42が設けられており、鉛直方向および水平方向のスキャンング角を定めてレーザービームを目標地点に向けて発射する。

【0051】目標地点から反射されたレーザービームは、受信部43を通り、受信部43から距離測定部45に入力される。また、送信部42からレーザービームのスキャンング角が記憶部44に入力される。記憶部44に入力されたスキャンング角と距離測定部45で演算された結果により、出力信号Dが形成される。

【0052】次に、本発明に係る他の実施の形態について説明する。図6は、本発明による地形計測装置が適用される計測システムの概略を示す全体構成図である。図6において、11はGPSの地上基準局、12は人工衛星、12X、12Yは電波、1は船舶、1Xは船舶3に設置されたGPS移動局、1Yはマルチビーム測深ソナ



東京湾の平均海面の標高を採用している。

【0053】マルチビーム測深ソナー1Yのビーム1Zは、フットプリントが1.5度×1.5度、スワス幅（一度に計測できる左右の幅）は90度、一度に60本のビームを送信し、水深の2～6倍幅で測深する構成としている。すなわち、マルチビーム測深ソナー1Yは、送受波器を1.5度づつの間隔で扇形に60個配置されている。

【0054】船舶1には、図4、図5で説明したような、レーザービームで三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器も搭載されている。この実施例においては、船舶1にレーザー測定器とマルチビーム測深ソナーを設け、海底から地上までの連続した地形を精度良く計測するものである。

【0055】図7は、図6の計測システムを用いて船舶1により地形計測を行なう例を示す側面図である。図7において、1は船舶、1yはマルチビーム測深ソナー、1zはビーム、2は三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器、3は基準海面、3xは海底、4は法面で、海中部分の法面4xと地上部分の法面4yが連続して形成されている。9はレーザービームである。また、Aはナローマルチビーム測深装置の演算処理部、Bはレーザー測定器の演算処理部である。各演算処理部A、Bは、例えばパーソナルコンピュータ（パソコン）を使用する。

【0056】図7の例では、海中部分の法面4xをマルチビーム測深ソナー1yで計測し、地上部分の法面4yをレーザー測定器2で計測するものである。また、船舶1にはGPS測位装置を搭載しているので、船舶1が移動したときの船位が測定され、X、Y、Z三次元の座標データが連続して得られる。

【0057】図8は、図7の例に適用される地形計測装置51の概略のブロック図である。図8において、データ処理装置53は、種々の入力データに基づいて所定の演算を実行し、得られたデータをデータ収録ファイル53aに収録する。52はナローマルチビーム測深装置で、音速度センサ52a、方位コンパス52b、傾斜センサ52c、モーションセンサ52d、マルチビーム測深ソナー52eが設けられている。

【0058】音速度センサ52aは、音速度補正および屈折補正に必要な水中の音波伝搬速度値を測定する。方位コンパス52bは船首の方位角を測定する。傾斜センサ52cは、マルチビーム測深ソナー52eを取り付けたパイプの傾きをリアルタイムで検出する。

【0059】モーションセンサ52dは、船舶の鉛直方向に受ける変動（ヒービング）、船首方向の揺れ（ピッチング）、船首に対して横方向の揺れ（ローリング）の値をリアルタイムで取得する。これらのヒービング、ピッチング、ローリングの各データは、水深値の補正に使用される。マルチビーム測深ソナー52eは、海中の法

【0060】演算処理部Aは、音速度センサ52a、方位コンパス52b、傾斜センサ52c、モーションセンサ52d、マルチビーム測深ソナー52e、GPS測位装置57からの各データに基づき、潮位、音速度、傾斜角を補正し、X、Y、Zの三次元ファイルを作成する。演算処理部Aで得られたデータは、データ処理装置53に入力される。

【0061】レーザービームで三次元のスキャニングを行なうレーザー測定器54は、地上部分の法面を計測する。動揺補正処理部55は、図4、図5で説明したような船舶の動揺に起因する計測データの誤差を補正する。演算処理部Bには、動揺補正処理部55の出力とGPS測位装置57からのデータが入力され、船舶の移動に伴う船舶の位置データと法面の計測データから、地上部分の法面の連続データを形成する。

【0062】このように、GPS測位装置57からの船舶の移動に伴う船舶の位置データは、海中部分の法面を計測したデータを作成する演算処理部Aと、地上部分の法面を計測したデータを作成する演算処理部Bに同時に入力されている。このため、ある時点で同時に形成されるマルチビーム測深ソナー52eの計測データと、レーザー測定器54の計測データは、同期をとって処理されることになる。

【0063】すなわち、船舶を移動させながら計測される海中部分の法面のデータと、地上部分の法面のデータは、地上部分から海中部分まで連続したデータとして処理することができる。したがって、データ処理装置53においては、演算処理部Aと演算処理部Bで得られたデータを合成して、海中から地上まで連続して形成されている法面の計測データを所定の長さに亘って形成し、地形図を作成することができる。

【0064】また、ナローマルチビーム測深装置52にモーションセンサ52dを設けると共に、レーザー測定器54の計測データを動揺補正処理部55で補正している。このため、船舶の動揺に起因する測定誤差は、マルチビーム測深ソナー52eの計測データもレーザー測定器54の計測データも共に補正されることになり、精度の良い計測データが得られる。

【0065】入力装置58は、キーボードやマウスで構成され、必要な入力操作を行なう。表示装置59は、各種データや演算結果をデータ収録ファイル53aから読み出してリアルタイムでモニタに表示する。この表示には、例えば、法面のある断面における各地点の標高の表示や、法面の連続した断面の形状、すなわち、法面の三次元の形状の表示を行なうことができる。また、プリンタをデータ処理装置53に接続して、必要なデータを記録紙にプリントすることもできる。

【0066】外部記憶装置60は、ハードディスク等の大容量の記憶装置で構成され、データ処理装置53に接続



所定容量の記憶装置が内蔵されている。外部コンピュータ61は、データ処理装置53で得られた各種データに基づいて高速で所定の演算を実行する。

【0067】図8の地形計測装置は、図7に示されているような海中から地上まで連続して形成されている盛土の法面を計測している。本発明は、図7のような平坦な法面に限らず、凹凸のある岩壁等のように海中から地上まで連続して形成されている地形の同時計測に適用できる。

【0068】

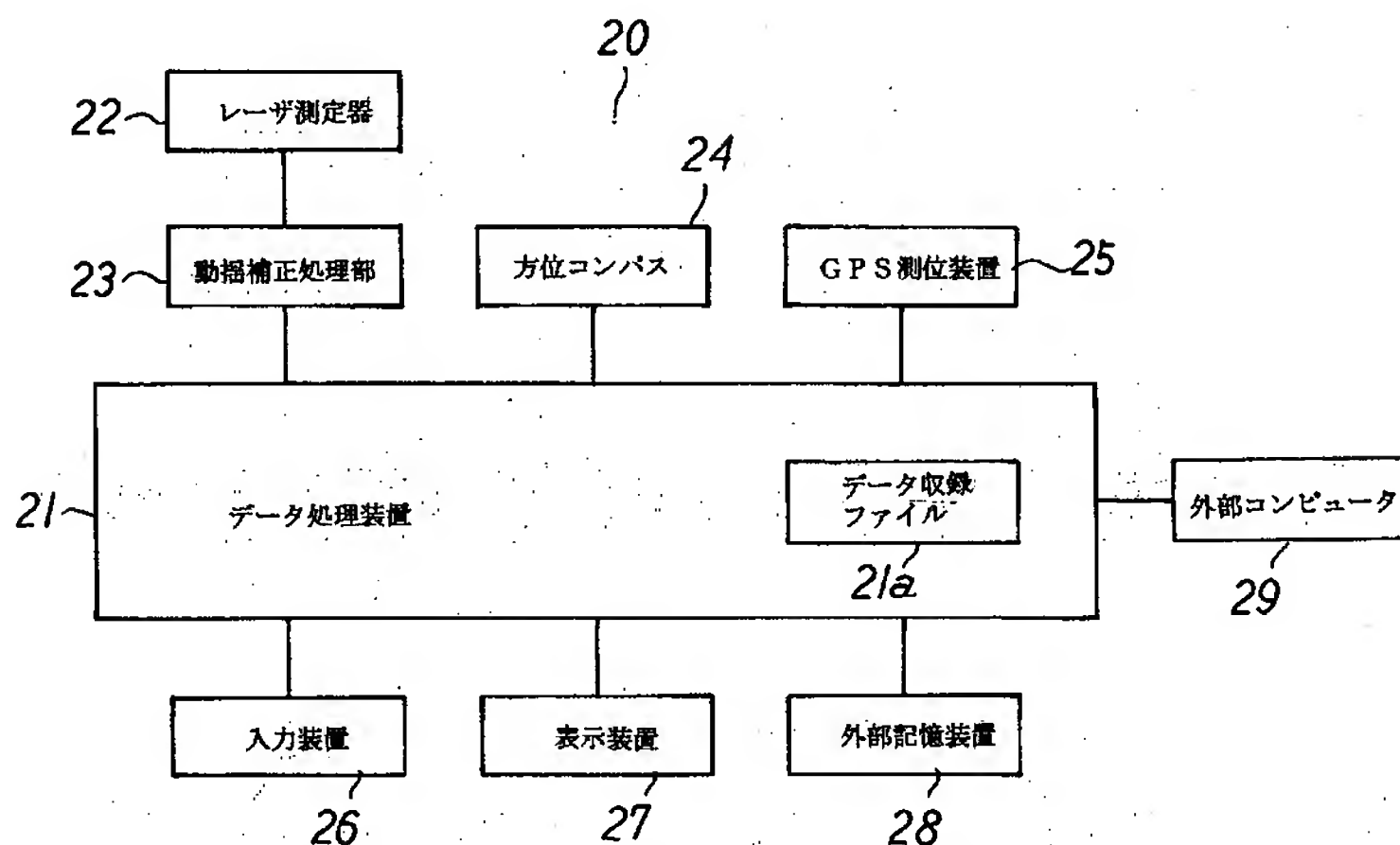
【発明の効果】以上説明したように請求項1に係る発明は、移動体の動揺に起因する測定誤差の補正装置を移動体に搭載している。このため、移動体に搭載したGPS測位装置と、2軸回転機構を有しレーザービームにより計測対象物に三次元のスキャンを行なうレーザー測定器により、移動体を移動させながら連続して計測データを収集する際に、精度の良い計測データを得ることができる。

【0069】また、上記請求項2に係る発明においては、地上を走行する車両から精度の良い計測データを得ることができる。

【0070】また、上記請求項3に係る発明においては、航行する船舶から精度の良い計測データを得ることができる。

【0071】また、上記請求項4に係る発明においては、ナローマルチビーム測深装置とレーザー測定器を船舶に搭載しているので、海中から地上までの連続した地形を船舶から計測することができる。また、船舶の動揺に起因する測定誤差の補正装置を設けているので、船舶が動揺した場合でも精度良く計測データを収集すること

【図1】



ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態である地形計測装置のブロック図である。

【図2】自動車から建物の形状を計測する例の説明図である。

【図3】レーザー測定器のブロック図である。

【図4】船舶から地上の法面を計測する例の側面図である。

10 【図5】船舶から地上の法面を計測する例の側面図である。

【図6】計測システムの全体構成図である。

【図7】船舶から海中および地上の法面を計測する例の側面図である。

【図8】図7の例に用いる地形計測装置のブロック図である。

【図9】地上での法面の測量を示す斜視図である。

【図10】図9の平面図である。

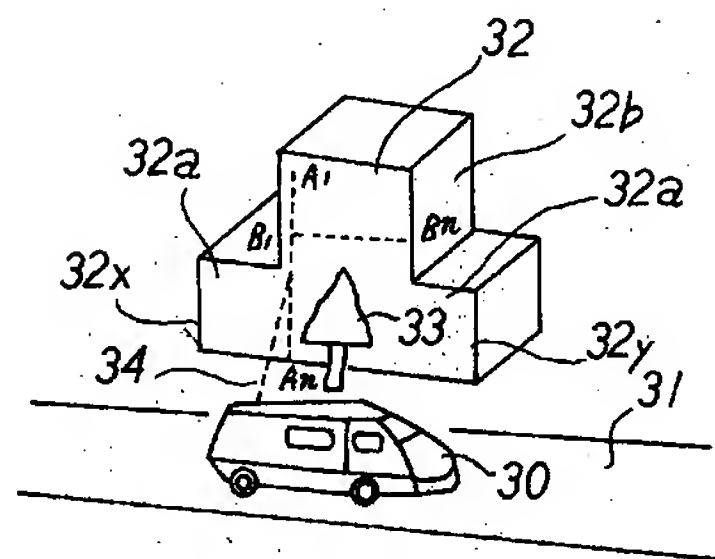
【図11】図9の側面図である。

20 【図12】地上での法面の測量を示す断面図である。

【符号の説明】

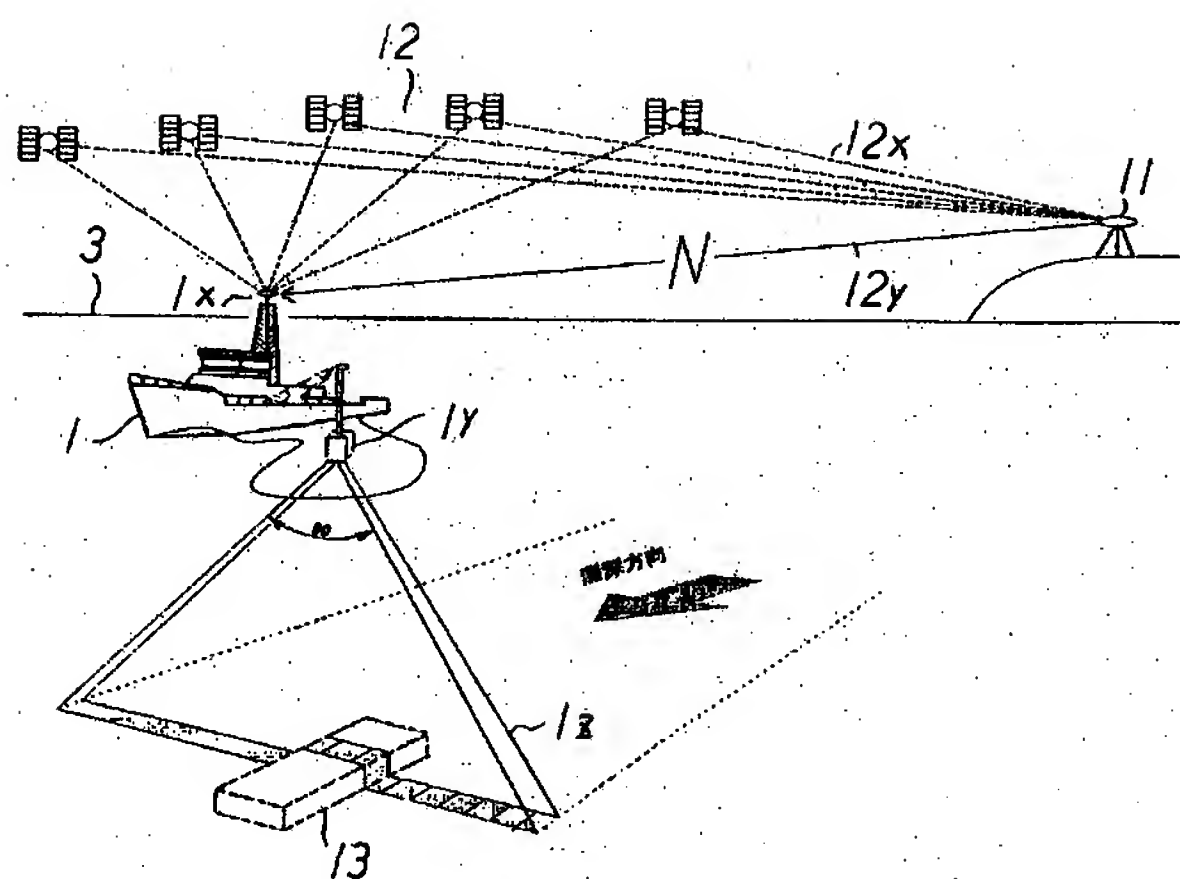
- 20、51 地形測定装置
- 21 データ処理装置
- 22、54 レーザー測定器
- 23、55 動揺補正処理部
- 25、57 GPS測位装置
- 52 ナローマルチビーム測深装置
- 52d モーションセンサ
- 52e マルチビーム測深ソナー

【図2】

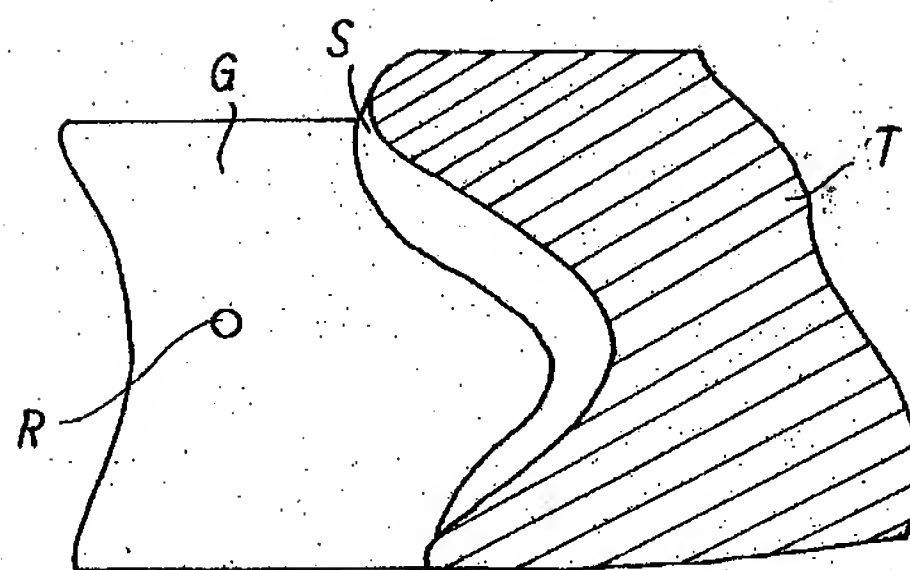




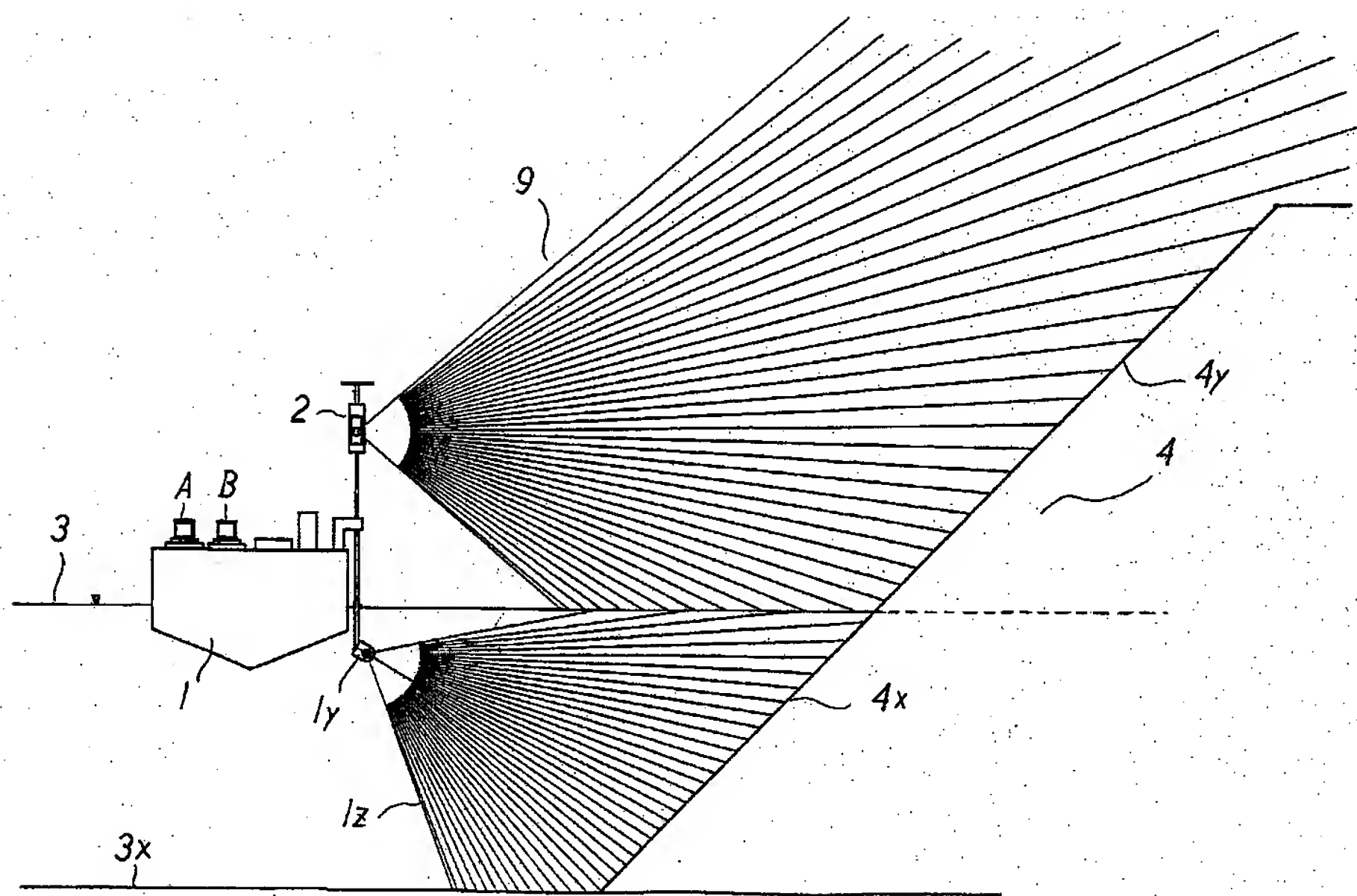
【図6】



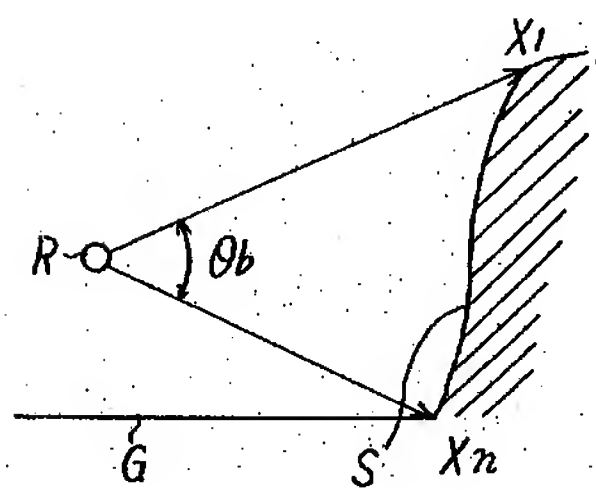
【図9】



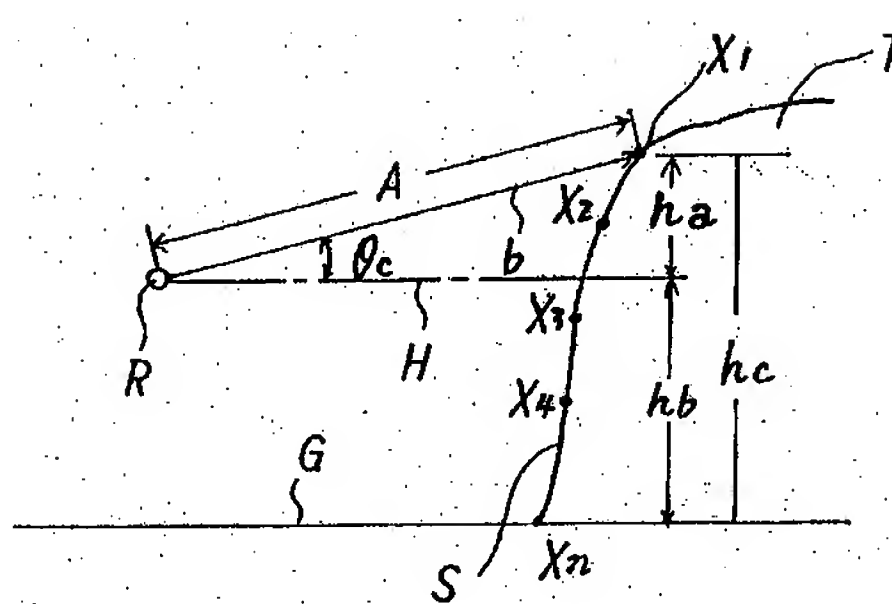
【図7】



【図11】

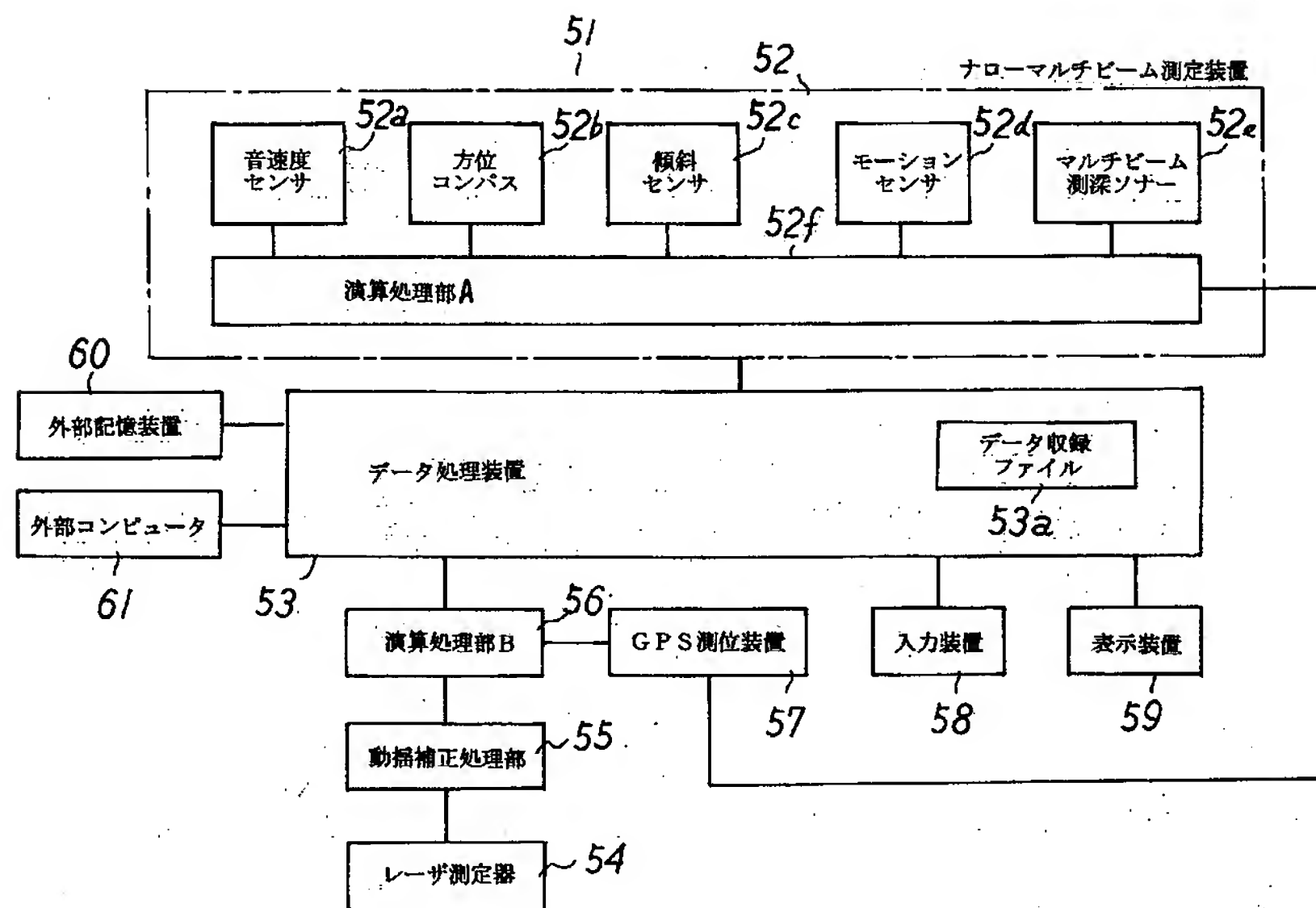


【図12】





【図8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 S 15/89

識別記号

F I

G 0 1 B 11/24

ターム(参考)

A

(72) 発明者 清水 真人

兵庫県尼崎市西長州町1丁目1番15号 国  
際航業株式会社内

(72) 発明者 藤井 隆士郎

兵庫県尼崎市西長州町1丁目1番15号 国  
際航業株式会社内

(72) 発明者 池内 章雄

大阪府大阪市北区東天満町2丁目10番14号  
三井 不動産建設株式会社内

F ターム(参考) 2F065 AA06 AA53 BB05 CC14 CC40

EE00 FF12 FF63 FF65 FF67

GG04 MM16 PP01 QQ23

5J062 AA01 AA11 BB01 BB02 BB08

CC07 EE00 FF01 FF06 HH00

5J083 AA02 AB08 AC07 AC28 AD01

AE06 AF15 AG09

5J084 AA04 AB16 AC02 AC03 AD01

BA03 BA50 BB26 CA31 DA01

EA04 EA07 EA11 FA01